

УДК 519.218: 612.82

Куніц В.В. – ст.гр. РБм-51

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДОБОВОГО ЕНЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОСИГНАЛУ ДЛЯ СВОЄЧАСНОГО ВИЯВЛЕННЯ ЕПІЛЕПТИЧНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ**

Науковий керівник: к.т.н., доцент Хвостівський М.О.

Kunits V.

*Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University*

## **MATHEMATICAL MODEL OF DAILY ELECTROENCEPHALOSIGNAL TO DETECT EPILEPTIC STATE OF HUMAN**

Supervisor: Hvostivsky M.

Ключові слова: добовий енелектроенцефалосигнал, математична модель, епілепсія

Keywords: daily electroencephalosignal, mathematical model, epilepsy

Епілепсія та епілептичні синдроми є одними з найбільш поширених і соціально значущих захворювань нервової системи. В Україні станом на кінець 2014 року кількість зареєстрованих хворих на епілепсію складала 0,25 % від загальної кількості населення і відповідала 246,4 на 100 тис. населення. За 13-річний період показник поширеності епілепсією збільшився з 235,1 до 246,4 на 100 тис. населення, показник захворюваності за цей час зменшився з 18,7 до 16,3.

Першопричинами виникнення цього захворювання є: фізичні пошкодження голови, порушення кровообігу в мозку, інфекційні хвороби оболонок мозку; хронічні захворювання нервової системи, такі як розсіяний склероз; наркотична залежність; алкогольна залежність; спадковість; патологія внутрішньоутробного розвитку; пухлини головного мозку; паразитарні захворювання головного мозку; порушення обміну речовин.

Один з основних методів інструментального обстеження в діагностиці епілепсії є електроенцефалографія (ЕЕГ), який базується на реєстрації біоелектричної активності мозку у вигляді електроенцефалосигналу (ЕЕС) (рис.1).

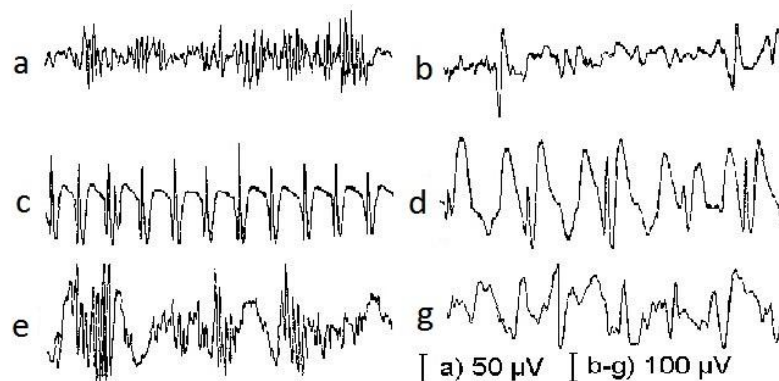


Рис.1. Форми епілептичної активності на ЕЕС [1]

Великий судомний напад при епілепсії викликає прискорення ритмів ЕЕС (рис.1,а), психомоторний - уповільнення електричної активності, а малий напад (абсанм) - чергування швидких і повільних коливань (комплекси пік-хвиля з частотою 3 в секунду - рис.1,с) [1]. Важливим ознакою епілепсії є наявність так званих піків (спайки) і гострих хвиль, епізодичних або стійких. (рис.1,b,d,g) [1].

Проведення ЕЕГ впродовж перших 24 годин (добі) після виникнення епілептичного нападу має більшу ймовірність виявити епілептиформні аномалії, ніж проведене пізніше (впродовж наступних днів) [2].

Тому дослідження структури ЕЕС впродовж доби є актуальною задачею, оскільки це забезпечує процедуру виявлення прихованих проявів розвитку аномалій головного мозку у людей з епілептичним нападом, які є незаметними при короткотривалих дослідженнях. В більшості випадків такі прояви є пропущеними, і нехтуванням часом щодо проведення своєчасного лікування або додаткового обстеження призводить до важких наслідків.

Впродовж доби біоелектрична активність мозку є неоднорідною, динамічною і складно організованим процесом, якому властиві значні групові і індивідуальні варіації. Оскільки під час дня кожна людина функціонує по різному (відповідно мозок також), при цьому не зберігаючи однорідності діяльності (велика варіація часових інтервалів розумової, психологічної праці та ін.), що не скажеш про сон (збереження структури (згідно даних дослідження ЕЕС)).

В структурі сну виділяють стадії [3]: поволіхвильовий (англ. NREM, non rapid eye movement – без швидких рухів очей) і швидкий сон (англ. REM, rapid eye movement – з швидкими рухами очей). При цьому NREM сон складається з чотирьох стадій, що розрізняються по глибині: I – засипання, II – поверхневий сон, III і IV – глибокий сон, а REM сон підрозділяють на тонічний і фазичний. Питома вага цих стадій у різних людей також неоднакова і схильна до впливу багатьох чинників. Для кожної стадії характерна певна частота, амплітуда і форма ЕЕС.

Враховуючи те, що впродовж доби мозок людини змінює свій режим роботи (активність) переходячи з однієї стадії в іншу, ЕЕС розбито на часові інтервали (рис.2), які відповідають тривалості кожної стадії (Умалі М. [4], Берлад І. [5]).

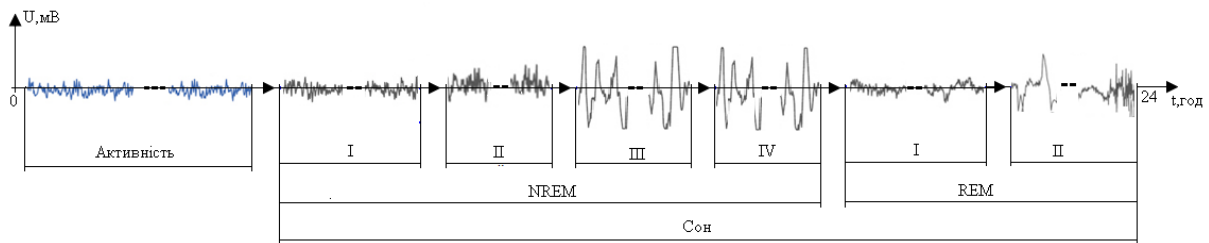


Рис. 2. Структура добового ЕЕС: NREM: I – стадія засипання, II – стадія поверхневого сну, III, IV – стадія глибокого сну, REM: I – стадія тонічного сну, II – стадія фазичного сну

ЕЕС в системах добового моніторингу має складну структуру (рис.2), а саме характеризується певною періодичністю та випадковістю в межах стадій (рис.1), а також періодичністю та випадковістю самих стадій.

При тривалому відслідковуванні функціонування центральної нервової системи, а саме головного мозку, добового моніторингу має бути прийнятий до уваги добовий хід змін усього організму, тому природньою моделлю, адекватною ситуації – модулюванні ритмозадачного пульсатора циркадним ритмом, буде біПКВП у вигляді:

$$\xi(t) = \sum_{k,n \in Z} e^{i \left( k \frac{2\pi}{T_1} + n \frac{2\pi}{T_2} \right)} \xi_{kn}(t), \quad t \in R, \quad (1)$$

де  $T_1$  та  $T_2$  – періоди ЕЕС та добового ходу (24 год);

$\xi(t) = [\xi_{kn}(t)]_{k,n \in Z}$  – матричний нескінченновимірний стаціонарний випадковий процес, а  $Z$  – множина цілих чисел.

Коли взяти до уваги значну (в даному разі – це секунди і десятки годин) різномасштабність періодів, тобто, що  $T_1 \gg T_2$ , то можна обґрунтувати розбиття добової тривалості  $T_2 = \coprod_{n=1,N} A_n$  на сегменти тривалостей  $A_n$  (рис.3), на яких ЕЕС буде

ПКВП з періодом корельованості  $T_n$ ,  $n = \overline{1,N}$ , де  $N$  – кількість таких сегментів (тривалість стадій рівна довжині сегментів).

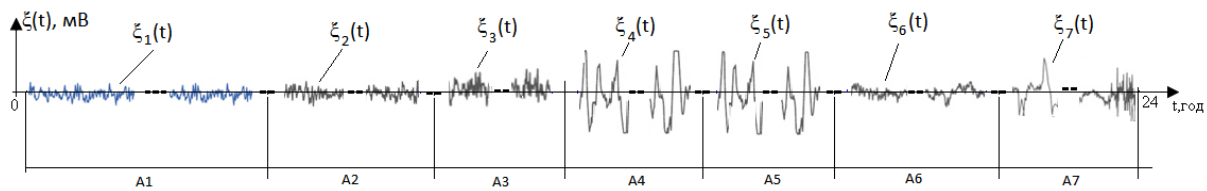


Рис.3. Структура добового ЕЕС як множина кускових реалізацій  $\xi_n(t)$

Тоді модель ЕЕС набуде вигляду кускового ПКВП:

$$\xi(t) = \sum_{k \in Z, n=1,N} \chi_{A_n}(t) e^{i \left( k \frac{2\pi}{T_1} + n \frac{2\pi}{T_2} \right)} \xi_{kn}(t) = \sum_{n=1,N} \chi_{A_n}(t) \xi_n(t), \quad (2)$$

де  $\xi_n(t) = \sum_{k \in Z} e^{ik \frac{2\pi}{T_n}} \xi_{kn}(t)$  –  $n$ -ий ЕЕС як ПКВП з періодом  $T_n$  на  $n$ -му сегменті  $A_n : t \in A_n$ ,  $\chi_{A_n}(t)$  – індикаторна функція відрізка  $A_n$  (часовий діапазон  $n$ -го сегменту).

Математична модель добового ЕЕС у вигляді кускового ПКВП дає можливість використання синфазного та компонентного методів для аналізу ЕЕС з метою виділення інформативних ознак як індикаторів прояву епілептичних станів людини.

#### Література

1. Бутов И. С. [Эпилептический характер полтергейста: исследование энцефалограмм фокальных лиц](#). Часть 1. // Аномалия / И.С.Бутов. – РО «Беларусь-Космопоиск», 2009. – №1 – С. 32-36.
2. Chang B.S., Ives J.R., Schomer D. L. // J. Clin. Neurophysiology. – 2002. – Vol. 19. – P. 152–154.
2. Вейн А. М. Сон человека. Физиология и патология / А. М. Вейн, К. Хехт. М: Медицина, 1989.
3. Umali M.U., Hilton M.F., Kres S.P. Circadian and sleep stage influences on cardiac autonomic tone / M.U.Umali, M.F.Hilton, S.P.Kres // Sleep. 2000; 23: A26.
4. Berlad I., Shlitner A., Ben-Haim S., Lavie P. Power spectrum analysis and heart rate variability in stage 4 and REM sleep: evidence for state-specific changes in autonomic dominance / I.Berlad, A.Shlitner, S.Ben-Haim, P.Lavie // J. Sleep. Res. 1993; 2, 88.